

特許協力条約に基づく国際出願  
願 書

出願人は、この国際出願が特許協力条約に従って処理されることを請求する。

国際出願番号	受理官庁記入欄
国際出願日	PCT 21.7.04 受領印
(受付印)	

出願人又は代理人の書類記号  
(希望する場合、最大12字) S04P0918WO00

第I欄 発明の名称 MEMS型共振器及びその製造方法、並びに通信装置	
第II欄 出願人 <input type="checkbox"/> この欄に記載した者は、発明者でもある。	
氏名(名称)及びあて名:(姓・名の順に記載;法人は公式の完全な名称を記載;あて名は郵便番号及び国名も記載) ソニー株式会社 SONY CORPORATION 〒141-0001 日本国東京都品川区北品川6丁目7番35号 7-35, Kitashinagawa 6-chome, Shinagawa-ku, TOKYO 141-0001 JAPAN	電話番号: 03-5448-2111 ファクシミリ番号: 03-5448-2244 加入電話番号: 出願人登録番号:
国籍(国名): 日本国 JAPAN	住所(国名): 日本国 JAPAN
この欄に記載した者は、次の指定国についての出願人である: <input type="checkbox"/> すべての指定国 <input checked="" type="checkbox"/> 米国を除くすべての指定国 <input type="checkbox"/> 米国のみ <input type="checkbox"/> 追記欄に記載した指定国	
第III欄 その他の出願人又は発明者	
氏名(名称)及びあて名:(姓・名の順に記載;法人は公式の完全な名称を記載;あて名は郵便番号及び国名も記載) 難波田 康治 NANIWADA Koji 〒141-0001 日本国東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 c/o SONY CORPORATION 7-35, Kitashinagawa 6-chome, Shinagawa-ku, TOKYO 141-0001 JAPAN	この欄に記載した者は次に該当する: <input type="checkbox"/> 出願人のみである。 <input checked="" type="checkbox"/> 出願人及び発明者である。 <input type="checkbox"/> 発明者のみである。 (ここにレ印を付したときは、以下に記入しないこと) 出願人登録番号:
国籍(国名): 日本国 JAPAN	住所(国名): 日本国 JAPAN
この欄に記載した者は、次の指定国についての出願人である: <input type="checkbox"/> すべての指定国 <input type="checkbox"/> 米国を除くすべての指定国 <input checked="" type="checkbox"/> 米国のみ <input type="checkbox"/> 追記欄に記載した指定国	
<input type="checkbox"/> その他の出願人又は発明者が続葉に記載されている。	
第IV欄 代理人又は共通の代表者、通知のあて名	
次に記載された者は、国際機関において出願人のために行動する: <input checked="" type="checkbox"/> 代理人 <input type="checkbox"/> 共通の代表者	
氏名(名称)及びあて名:(姓・名の順に記載;法人は公式の完全な名称を記載;あて名は郵便番号及び国名も記載) 12288 弁理士 角 田 芳 末 TSUNODA Yoshisue 11351 弁理士 磯 山 弘 信 ISOYAMA Hironobu 〒160-0023 日本国東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル Shinjuku Bldg., 8-1, Nishishinjuku 1-chome, Shinjuku-ku, TOKYO 160-0023 JAPAN	電話番号: 03-3343-5821 ファクシミリ番号: 03-3348-2746 加入電話番号: 代理人登録番号:
<input type="checkbox"/> 通知のためのあて名: 代理人又は共通の代表者が選任されておらず、上記枠内に特に通知が送付されるあて名を記載している場合は、レ印を付す。	

## 第Ⅴ欄 国の指定

この願書を用いてされた国際出願は、規則4.9(a)に基づき、国際出願日に拘束される全てのPCT締約国を指定し、取得しうるあらゆる種類の保護を求め、及び該当する場合には広域と国内特許の両方を求める国際出願となる。

しかしながら、以下の国については指定をせず、その国の国内保護を求めない。

☐ DE ドイツについては指定をしない

☐ KR 韓国については指定をしない

☐ RU ロシアについては指定をしない

(上記のチェック欄は、それらの国々の国内法令に基づき、国際出願が主張する優先権主張の基礎となる先の国内出願の効果が消滅すること避けることを目的に、当該国の指定を除外するときに使用することができる。しかし、いったん除外した指定は、それを変更することはできない。これらの国及びそのような制度を有する国が持つ国内法令手続の結果に関しては、第Ⅴ欄の備考を参照。)

## 第Ⅵ欄 優先権主張

以下の先の出願に基づく優先権を主張する：

先の出願日 (日、月、年)	先の出願番号	先の出願		
		国内出願：パリ条約同盟国名又は WTO加盟国名	広域出願：*広域官庁名	国際出願：受理官庁名
(1) 25.07.03	特願2003-201967	日本国 JAPAN		
(2)				
(3)				

☐ 他の優先権の主張（先の出願）が追記欄に記載されている。

上記の先の出願（ただし、本国際出願の受理官庁に対して出願されたものに限る）のうち、以下のものについて、出願書類の認証謄本を作成し国際事務局へ送付することを、受理官庁（日本国特許庁の長官）に対して請求する

☐ すべて ☐ 優先権(1) ☐ 優先権(2) ☐ 優先権(3) ☐ その他は追記欄参照

\*先の出願がARIPO出願である場合には、当該先の出願を行った工業所有権の保護のためのパリ条約同盟国若しくは世界貿易機関の加盟国の少なくとも1ヶ国を表示しなければならない(規則4.10(b)(ii))：.....

## 第Ⅶ欄 国際調査機関

国際調査機関（ISA）の選択（2以上の国際調査機関が国際調査を実施することが可能な場合、いずれかを選択し二文字コードを記載。）

ISA/J P

先の調査結果の利用請求；当該調査の照会（先の調査が、国際調査機関によって既に実施又は請求されている場合）

出願日（日、月、年）

出願番号

国名（又は広域官庁名）

## 第Ⅷ欄 申立て

この出願は以下の申立てを含む。（下記の該当する欄をチェックし、右にそれぞれの申立て数を記載）

申立て数

- ☐ 第Ⅷ欄(i) 発明者の特定に関する申立て : \_\_\_\_\_
- ☐ 第Ⅷ欄(ii) 出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て : \_\_\_\_\_
- ☐ 第Ⅷ欄(iii) 先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て : \_\_\_\_\_
- ☐ 第Ⅷ欄(iv) 発明者である旨の申立て（米国を指定国とする場合） : \_\_\_\_\_
- ☐ 第Ⅷ欄(v) 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て : \_\_\_\_\_

## 第IX欄 照合欄；出願の言語

この国際出願は次のものを含む。

(a) 紙形式での枚数

願書(申立てを含む)..... 3 枚

明細書(配列表または配列表に関連するテーブルを除く)..... 23 枚

請求の範囲..... 2 枚

要約書..... 1 枚

図面..... 14 枚

小 計 43 枚

配列表..... 枚

配列表に関連するテーブル..... 枚

(いずれも、紙形式での出願の場合はその枚数  
コンピュータ読み取り可能な形式の有無を問わない。  
下記(C)参照)

合 計 43 枚

(b) ☐ コンピュータ読み取り可能な形式のみの  
(実施細則第 801 号(a)(i))(i) ☐ 配列表(ii) ☐ 配列表に関連するテーブル(c) ☐ コンピュータ読み取り可能な形式と同一の  
(実施細則第 801 号(a)(ii))(i) ☐ 配列表(ii) ☐ 配列表に関連するテーブル媒体の種類 (フロッピーディスク、CD-ROM、CD-R、その他)  
と枚数☐ 配列表.....☐ 配列表に関連するテーブル.....

(追加的写しは右欄 9. (ii) または 10(ii) に記載)

この国際出願には、以下にチェックしたものが添付されている。

- |                                                                                                                |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> 手数料計算用紙                                                                 | 数 | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面                                                    |   | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 国際事務局の口座への振込を証明する書面                                                        |   | 1 |
| 2. <input checked="" type="checkbox"/> 個別の委任状の原本                                                               |   | 1 |
| 3. <input type="checkbox"/> 包括委任状の原本                                                                           |   |   |
| 4. <input checked="" type="checkbox"/> 包括委任状の写し (あれば包括委任状番号)                                                   |   | 2 |
| 5. <input type="checkbox"/> 記名押印 (署名) の欠落についての説明書                                                              |   |   |
| 6. <input checked="" type="checkbox"/> 優先権書類 (上記第VI欄の ( ) の番号を記載する): (1)                                       |   | 1 |
| 7. <input type="checkbox"/> 国際出願の翻訳文 (翻訳に使用した言語名を記載する):                                                        |   |   |
| 8. <input type="checkbox"/> 寄託した微生物又は他の生物材料に関する書面                                                              |   |   |
| 9. <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な配列表<br>(媒体の種類と枚数も表示する)                                                |   |   |
| (i) <input type="checkbox"/> 規則 13 の 3 に基づき提出する国際調査のための写し<br>(国際出願の一部を構成しない)                                   |   |   |
| (ii) <input type="checkbox"/> (左欄(b)(i))又は(C)(ii)にレ印を付した場合のみ<br>規則 13 の 3 に基づき提出する国際調査のための写しを含む追加的写し           |   |   |
| (iii) <input type="checkbox"/> 国際調査のための写しの同一性、又は左欄に記載した配列表を含む写しの同一性についての陳述書を添付                                 |   |   |
| 10. <input type="checkbox"/> コンピュータ読み取り可能な配列表に関連するテーブル<br>(媒体の種類と枚数も表示する)                                      |   |   |
| (i) <input type="checkbox"/> 実施細則第 802 号 b の 4 に基づき提出する国際調査のための写し<br>(国際出願の一部を構成しない)                           |   |   |
| (ii) <input type="checkbox"/> (左欄(b)(ii))又は(C)(iii)にレ印を付した場合のみ<br>実施細則第 802 号 b の 4 に基づき提出する国際調査のための写しを含む追加的写し |   |   |
| (iii) <input type="checkbox"/> 国際調査のための写しの同一性、又は左欄に記載した配列表に関連したテーブルを含む写しの同一性についての陳述書を添付                        |   |   |
| 11. <input type="checkbox"/> その他 (書類名を具体的に記載):                                                                 |   |   |

要約書とともに提示する図面: 1

本国際出願の言語: 日本語

## 第X欄 出願人、代理人又は共通の代表者の記名押印

各人の氏名 (名称) を記載し、その次に押印する。

角 田 芳 末



磯 山 弘 信



## 受理官庁記入欄

1. 国際出願として提出された書類の実際の受理の日

3. 国際出願として提出された書類を補充する書面又は図面であって  
その後期間内に受理されたものの実際の受理の日 (訂正日)

4. 特許協力条約第 11 条 (2) に基づく必要な補充の期間内の受理の日

5. 出願人により特定された  
国際調査機関 ISA/J P6. ☐ 調査手数料未払いにつき、国際調査機関に  
調査用写しを送付していない。

2. 図面

☐ 受理された☐ 不足図面がある

## 国際事務局記入欄

記録原本の受理の日:

明 細 書

MEMS型共振器及びその製造方法、並びに通信装置

技術分野

- 5 本発明は、MEMS型共振器とその製造方法、並びに通信装置に関する。

背景技術

近年、マイクロマシン（MEMS：Micro Electri  
10 o Mechanical Systems、超小型電氣的・機  
械的複合体）素子、及びMEMS素子を組み込んだ小型機器が、  
注目されている。MEMS素子の基本的な特徴は、機械的構造と  
して構成されている駆動体が素子の一部に組み込まれていること  
であって、駆動体の駆動は、電極間のクローン力などを応用して  
15 電氣的に行われる。

半導体プロセスによるマイクロマニシング技術を用いて形成さ  
れた微小振動素子は、デバイスの占有面積が小さいこと、高いQ  
値を実現できること、他の半導体デバイスとの集積が可能なこと、  
という特長により、無線通信デバイスの中でも中間周波数（IF）  
20 フィルタ、高周波（RF）フィルタとしての利用がミシガン大学  
を始めとする研究機関から提案されている（非特許文献1参照）。

図15は、非特許文献1に記載された高周波フィルタを構成す  
る振動素子、即ちMEMS型の振動素子の概略を示す。この振動  
素子1は、半導体基板2上に絶縁膜3を介して例えば多結晶シリ  
25 コンによる入力側配線層4と出力電極5が形成され、この出力電  
極5に対向して空隙6を挟んで例えば多結晶シリコンによる振動  
可能なビーム、所謂ビーム型の振動電極7が形成されて成る。振  
動電極7は、両端のアンカー部（支持部）8〔8A，8B〕にて

支持されるように、出力電極 5 をブリッジ状に跨いで入力側配線層 4 に接続される。振動電極 7 は入力電極となる。入力側配線層 4 の端部には、例えば金 (Au) 膜 9 が形成される。この振動素子 1 では、入力側配線層 4 の金 (Au) 膜 9 より入力端子 t 1、  
5 出力電極 5 より出力端子 t 2 が導出される。

この振動素子 1 は、振動電極 7 と接地間に DC バイアス電圧  $V_1$  が印加された状態で、入力端子 t 1 を通じて振動電極 7 に高周波信号  $S_1$  が供給される。即ち、入力端子 t 1 から DC バイアス電圧  $V_1$  と高周波信号  $S_1$  が重畳された入力信号が供給される。  
10 目的周波数の高周波信号  $S_1$  が入力されると、長さ  $L$  で決まる固有振動数を有する振動電極 7 が、出力電極 5 と振動電極 7 間に生じる静電力で振動する。この振動によって、出力電極 5 と振動電極 7 との間の容量の時間変化と DC バイアス電圧に応じた高周波信号が出力電極 5 (したがって、出力端子 t 2) から出力される。  
15 高周波フィルタでは振動電極 7 の固有振動数 (共振周波数) に対応した信号が出力される。

これまでに提案され、検証された微小振動子の共振周波数は、最高でも 200 MHz を超えず、従来の表面弾性波 (SAW) あ  
るいは薄膜弾性波 (FBAR) による GHz 領域のフィルタに対  
20 して、微小振動子の特性である高い Q 値を GHz 帯周波数領域で提供することができていない。

現在のところ、一般的に高い周波数領域では出力信号としての共振ピークが小さくなる傾向があり、良好なフィルタ特性を得るためには、共振ピークの SN 比を向上する必要がある。ミシガン  
25 大学の文献に係るディスク型の振動子によれば、出力信号のノイズ成分は、入力電極となる振動電極 7 と出力電極 5 間に構成される寄生容量  $C_0$  を直接透過する信号によっている。一方においてディスク型の振動子で、十分な出力信号を得るには、30 V を超

えるDCバイアス電圧が必要であるために、実用的な振動電極構造としては両持ち梁を用いたビーム型の構造であることが望ましい。

しかし、上述の図15の振動素子1の場合、振動電極7と出力電極5間の空隙6が小さく、両電極7及び5の対向面積も所要の大きさを持っているので、入力電極となる振動電極7と出力電極5間の寄生容量 $C_0$ が大きくなる。このため、寄生容量 $C_0$ のインピーダンス $Z_0$ と、共振系（抵抗 $R_x$ 、インダクタンス $L_x$ 、容量 $C_x$ ）のインピーダンス $Z_x$ との比 $Z_0/Z_x$ が小さくなり、出力信号のSN比が小さくなる。振動電極7と出力電極5間の空隙6を小さくして出力信号を大きく取ろうとすれば、寄生容量 $C_0$ も大きくなるという、ジレンマを抱える。

〔非特許文献1〕

C.T.-N g u y e n, "M i c r o m e c h a n i c a l c o m p o n e n t s f o r m i n i a t u r i z e d l o w - p o w e r c o m m u n i c a t i o n s ( i n v i t e d p l e n a r y )", p r o c e e d i n g S 1 9 9 9 I E E E M T T - S I n t e r n a t i o n a l M i c r o w a v e S y m p o s i u m R F M E M S W o r k s h o p, J u n e, 1 8, 1 9 9 9, p p. 4 8 - 7 7.

一方、本出願人は、先に特願2003-11648号において、ノイズ成分の低減を図ったMEMS型共振器を提案した。図14は、このMEMS型共振器の概略を示す。基本的にはDCバイアスを印加したビームとなる振動電極を、入出力電極間に配置してノイズ成分の低減を図っている。本MEMS型共振器11は、図14に示すように、例えば表面に絶縁膜を有するシリコン半導体基板12上に所要の間隔を置いて高周波信号を入力する入力電極14と高周波信号を出力する出力電極15を形成し、これら入出

力電極 1 4、1 5 上に空隙 1 6 を挟んで対向するビーム、即ち振動電極 1 7 を配置して成る。振動電極 1 7 は入出力電極 1 4、1 5 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 1 4、1 5 の外側に配置した配線層に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）

5 1 9 [1 9 A, 1 9 B] で一体に支持される。

この MEMS 型共振器 1 1 では、振動電極 1 7 に所要の DC バイアス電圧  $V_1$  が印加され、入力電極 1 4 に高周波信号  $S_1$  が入力される。目的周波数の高周波信号が入力されると、振動電極 1 7 と入力電極 1 4 間に生じる静電力で例えば図 1 4 に示すように、  
10 2 次の振動モードで振動電極 1 7 が共振する。入出力電極 1 4 及び 1 5 の対向面積が小さく且つ入出力電極 1 4 及び 1 5 間の間隔を大きくすることができるので、入出力電極 1 4 及び 1 5 間の寄生容量  $C_0$  を小さくすることができる。また、大きな出力信号を得るために振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 との空隙 1 6 の  
15 間隔を小さくすることができる。このため、図 1 5 に比べて出力信号のノイズ成分を低減し、SN 比の向上を図ることが可能になる。

ところで、図 1 4 の MEMS 型共振器 1 1 においては、より大きな出力信号を得るために振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5  
20 間の空隙 1 6 を小さくして行った場合、製造工程におけるウェットプロセス、特に犠牲層の除去工程で、振動電極 1 7 が基板 1 2 に吸着される虞れがある。また、多次の振動モードに適用するとき、所望次数の振動モードの選択が難しい。即ち、多次の振動モードが混在する虞れがある。

25

#### 発明の開示

本発明は、上述の点に鑑み、MEMS 製造工程時のウェットプロセスによるビームの基板への吸着を抑え、また、動作時に所要

の振動モード以外の不要な振動モードが混在しないMEMS型共振器とその製造方法を提供するものである。

また、本発明は、このようなMEMS型共振器によるフィルタを備えた通信装置を提供するものである。

- 5      本発明に係るMEMS型共振器は、下部電極が形成された基板と、この基板上に形成されたビームとを備え、基板とビームの間に少なくとも1つの支柱を有して構成する。

支柱は、ビームの所望の振動モードの節に対応した位置に形成することができる。支柱は、その上下両端を基板及びビームと一  
10      体化して形成することができる。あるいは支柱は、その一端を基板又はビームと一体化し、その他端をビーム又は基板に接触しないように形成することができる。基板の下部電極としては、高周波信号の入力電極と、高周波信号の出力電極とから形成した構成とすることができる。

- 15      本発明のMEMS型共振器では、基板と振動するビームとの間に少なくとも1つの支柱を有するので、製造の際のウェットプロセス、特に犠牲層の除去工程でビームが基板に吸着するのを抑えることができる。即ち、実効的にビームの長さが短くなり、表面張力が減少し、ビームが基板に吸着しようとする力を弱めること  
20      ができる。支柱を有するので、ビームと基板間の空隙の間隔をより小さく設定することが可能になる。

支柱を有するので、所望の振動モード以外の不要な振動モードが抑制される。即ち、支柱が所望の振動モードの節に対応する位置に設けられることにより、不要な次数の振動モードが抑制され、  
25      所望の次数の振動モードを選択できる。

本発明に係るMEMS型共振器の第1の製造方法は、基板上に下部電極を形成する工程と、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達する開



孔を選択的に形成する工程と、犠牲層上にビームを形成すると共に、開孔内にビームと基板に一体化した支柱を形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

5 本発明のMEMS型共振器の第1の製造方法では、基板上に下部電極を形成し、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成した後、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達する開孔を選択的に形成するので、その後のビーム形成と同時に開孔内にビーム及び基板に一体の支柱を形成することができる。支柱を基板及びビームと一体化して形成できるので、犠牲層を除去したときにビームが  
10 基板側に引きつけられるのを阻止することができる。

本発明に係るMEMS型共振器の第2の製造方法は、基板上に下部電極と支柱を形成する工程と、下部電極と支柱を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層上にビームを形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

15 本発明のMEMS型共振器の第2の製造方法では、基板上に下部電極と支柱を形成するので、同じ材料層をパターンニングして下部電極と支柱を同時に形成することができる。その後の犠牲層に開孔を形成する等の工程が不要になり、工程の簡略化が図れる。ビームを形成し、犠牲層を除去したときに、支柱は基板と一体化  
20 するも上端がビームに接触しない状態で形成される。

本発明に係るMEMS型共振器の第3の製造方法は、基板上に下部電極を形成する工程と、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達しない深さの開孔を選択的に形成する工程と、犠牲層上にビームを形成  
25 すると共に、開孔内にビームと一体化した支柱を形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

本発明のMEMS型共振器の第3の製造方法では、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達しない深さの開孔を形成すること

により、支柱がビームと一体化するも下端が基板に接触しない状態で形成される。開孔深さをコントロールすることにより、ビームと下部電極間の空隙よりも、支柱と基板間の空隙を小さくすること可能になり、犠牲層の除去時にビームが基板側に引きつけられるのを阻止できる。

本発明に係る通信装置は、送信信号及び／又は受信信号の帯域制限を行うフィルタを備えた通信装置において、フィルタとして上記MEMS共振器によるフィルタを用いて構成する。本発明の通信装置では、本発明に係るMEMS共振器によるフィルタを備えるので、このフィルタによって所望の周波数信号の選択が精度良くなされる。

上述したように、本発明に係るMEMS型共振器によれば、ビームと基板間に支柱を設置することにより、製造過程でのウェットプロセスにおけるビームの基板への吸着を抑制することができ、MEMS型共振器の歩留りを向上することができる。支柱を設置することにより、不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードの選択が可能になる。

即ち、支柱を所望の次数の振動モードの節に対応した位置に設置することにより、所望の振動モード以外の不要な振動モードを抑制することができる。従って、所望の周波数のみの信号が透過するようになり、共振器としての性能が向上する。

支柱を設置することにより、ビームが長くなったときにも、ビームの強度を維持することができる。また、ビームと下部電極との間の空隙間隔をより小さくすることが可能になり、大きな信号量を得ることができる。

支柱の上下両端がビーム及び基板と一体化しているときは、より確実に不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードのみを選択できる。

支柱の上下両端のいずれか一方がビーム又は基板と一体化されてなくとも、不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードのみを選択することができる。

5 基板の下部電極が高周波信号の入力電極と高周波信号の出力電極とから成るときは、支柱を有する効果に加えて、入出力間に構成される寄生容量を低減し、ノイズ成分を低減することができる。従って、S N比の高い共振器を提供できる。

10 本発明に係るMEMS型共振器の製造方法によれば、支柱を形成する工程を有することにより、ウェットプロセスにおけるビームの基板への吸着現象を抑制し、また所望次数の振動モードで駆動するMEMS型共振器を、歩留り良く製造することができる。

本発明に係る通信装置によれば、上述のMEMS型共振器によるフィルタを備えることにより、信頼性の高い通信装置を提供することができる。

15

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明に係るMEMS型共振器の一実施の形態を示す構成図である。

図2は図1のMEMS型共振器の動作説明図である。

20 図3AはMEMS型共振器の周波数—信号透過量の説明図であり、図3Bは本発明のMEMS型共振器の周波数—信号透過量の説明図である。

図4は本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

25 図5は本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

図6は本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

図 7 A ~ D は図 1 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 1) である。

図 8 A ~ C は図 1 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 2) である。

5 図 9 A ~ D は図 5 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 1) である。

図 10 A ~ C は図 5 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 2) である。

10 図 11 A ~ D は図 6 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 1) である。

図 12 A ~ C は図 6 の MEMS 型共振器の製造工程図 (その 2) である。

図 13 は本発明の通信装置の一実施の形態を示す回路図である。

15 図 14 は先行技術に係る MEMS 型共振器の構成図である。

図 15 は従来の MEMS 型共振器の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

20 図 1 は、本発明に係る MEMS 型共振器の一実施の形態を示す。本実施の形態に係る MEMS 型共振器 27 は、基板 12 の同一平面上に互いに所要の間隔を置いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極 14 と高周波信号を出力する出力電極 15 と、これら入出力電極 14、15 に対向して空隙 16 を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極 17 と、基板 12 と振動電極 17 間に設けた支柱 24 とを有して成る。振動電極 17 は、入出力電極 14、15 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 14、15 の外側に配置した配線 18 に接続されるように、両端

25

を支持部（いわゆるアンカー部）１９〔１９Ａ，１９Ｂ〕で一体に支持される。

支柱２４は、振動電極１７の所望の次数の振動モードに応じて１つ又は複数、本例では２次の振動モードに応じてその振動の節  
５ に対応した位置、即ち入力電極１４と出力電極１５との間の位置に１つ設けられる。支柱２４はその上下両端が振動電極１７及び基板１２と一体化している。

基板１２は、少なくとも絶縁性の表面を有した基板が用いられる。基板１２は、例えば、シリコン（Ｓｉ）やガリウム砒素（Ｇ  
１０ ａＡｓ）などの半導体基板上に絶縁膜を形成した基板、石英基板やガラス基板のような絶縁性基板等が用いられる。本例では、シリコン基板２１上にシリコン酸化膜２２及びシリコン窒化膜２３を積層した基板１２が用いられる。入力電極１４、出力電極１５及び配線層１８は、同じ導電材料で形成し、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム（Ａｌ）などの金属膜にて形成することが  
１５ できる。振動電極１７は、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム（Ａｌ）等の金属膜にて形成することができる。

入力電極１４には入力端子ｔ１が導出され、入力端子ｔ１を通じて入力電極１４に高周波信号Ｓ１が入力されるようになる。出  
２０ 力電極１５には出力端子ｔ２が導出され、出力端子ｔ２から目的周波数の高周波信号が出力されるようになる。振動電極１７には所要のＤＣバイアス電圧Ｖ１が印加されるようになる。

このＭＥＭＳ型共振器２７の動作は次の通りである。

振動電極１７には所要のＤＣバイアス電圧Ｖ１が印加される。  
２５ 入力端子ｔ１を通じて高周波信号Ｓ１が入力電極１４に入力される。目的周波数の高周波信号が入力されると、振動電極１７と入力電極１４間に生じる静電力で図３に示すように、２次の振動モードで振動電極１７が共振する。この振動電極１７の共振で出力

電極 1 5 から出力端子 t 2 を通じて目的周波数の高周波信号が出力される。

そして、本実施の形態に係る MEMS 型共振器 2 7 によれば、図 2 に示すように、2 次の振動モード 2 5 の節に対応した位置に  
5 基板 1 2 及び振動電極 1 7 と一体化した支柱 2 4 を設けることにより、他の振動モード、例えば 1 次、3 次等の振動モードが抑制され、2 次の振動モード 2 5 のみを選択することができる。図 3 に示すように、1 次、2 次、3 次の多次の振動モードのうち（図 3 A 参照）、2 次の振動モードのみを選択することができる（図 3  
10 B 参照）。この理由は、振動電極 1 7 の中央に支柱 2 4 があると、振動電極 1 7 が 1 次及び 3 次の振動モードでは振動できないため、1 次と 3 次の信号は透過しなくなるためである。

このように、所望の周波数のみの信号が透過することができ、共振器としての性能が向上する。

15 また、支柱 2 4 を設置することにより、後述する製造工程中のウェットプロセスにおける振動電極 1 7 の基板 1 2 側への吸着を阻止することができる。これは、支柱 2 4 により実効的に振動電極 1 7 の長さが短くなることにより、表面張力が減少し、振動電極 1 7 が基板 1 2 側に吸着しようとする力が弱まるためである。  
20 振動電極 1 7 が吸着した共振器は動作しないため使用できない。しかし、本実施の形態の MEMS 型共振器 2 7 は振動電極 1 7 の基板 1 2 側への吸着が減少し、この種の共振器の歩留りを向上することができる。

振動電極 1 7 の膜厚をより薄く、あるいは振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 との間の空隙の間隔 d 2 をより狭くすることが可能になる。間隔 d 2 を小さくするほど信号量を大きくすることができる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

また、支柱 2 4 を設置することにより、振動電極 1 7 が長くな

ったときにも、振動電極 17 の強度を維持することができる。

図 4 は、本発明に係る MEMS 型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態に係る MEMS 型共振器 28 は、3 次の振動モードが選択できるように構成した場合である。

- 5      本実施の形態の MEMS 型共振器 28 においても、基板 12 上に入力電極 14 及び出力電極 15 が形成され、入出力電極 14、15 に対向して振動電極 17 が配置されて成る。そして、本実施の形態においては、特に、2 つの支柱 24 [24A, 24B] を 3 次の振動モード 26 の 2 つの節に対応した位置に夫々設置して
- 10    構成される。その他の構成は、図 1 と同様であるので対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

- 本実施の形態に係る MEMS 型共振器 28 によれば、2 つの支柱 24A, 24B を設置することにより、3 次の振動モードを選択し、他の振動モードを抑制することができる。また、振動電極 1
- 15    7 の強度を維持し、ウェットプロセスでの振動電極 17 の基板 12 側への吸着を阻止することができる等、図 1 の実施の形態と同様の効果を奏する。

- MEMS 型共振器では、振動電極 17 となるビーム厚が 0.5  $\mu\text{m}$  以下、ビーム長 10  $\mu\text{m}$  程度、ビーム 17 と下部電極 14、15 との間の間隔 d2 を 100 nm 以下とするときには、ビーム
- 20    17 が基板 12 側に確実に吸着する。これに対し、本実施の形態では吸着を阻止することができ、同時に例えば RF 共振器において多次の振動モードを用いるときに、高次の振動モードの選択が可能になる。

- 25    図 7 ～図 8 は、上述の図 1 に示す MEMS 型共振器 27 の製造方法の例を示す。

先ず、図 7A に示すように、基板 12 上に電極となるべき導電膜 41 を形成する。本例ではシリコン基板 21 上に絶縁膜である

シリコン酸化膜 2 2 及びシリコン窒化膜 2 3 を積層した基板 1 2 を用いる。導電膜 4 1 としては、後の犠牲層とエッチング比がとれる材料で形成する必要がある、本例では、多結晶シリコン膜で形成する。

- 5      次に、図 7 B に示すように、導電膜 4 1 をパターンニングして入力電極 1 4、出力電極 1 5 及び外側の配線層 1 8 を形成する。

- 次に、図 7 C に示すように、入力電極 1 4、出力電極 1 5 及び配線層 1 8 を含む全面に犠牲層 4 2 を形成する。犠牲層 4 2 は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（S i N）膜）<sup>2 3</sup> 2 4 及び  
10    多結晶シリコンによる各電極 1 4、1 5 及び配線層 1 8 とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（S i O<sub>2</sub>）膜で形成する。

次に、図 7 D に示すように、例えば化学機械研磨（CMP）法などにより犠牲層 4 2 を平坦化する。

- 15    次に、図 8 A に示すように、犠牲層 4 2 を選択エッチングして、両外側の配線層 1 8 上にコンタクト孔 4 3 を形成すると共に、入出力電極 1 4、1 5 間の位置即ち、本例では 2 次の振動モードの節に対応する位置に基板 1 2 に達する深さの開口 4 5 を形成する。

- 次に、図 8 B に示すように、コンタクト孔 4 3、開口 4 5 内を含む犠牲層 4 2 上に振動電極及び支柱となる導電膜 4 4、本例では、犠牲層 4 2 とエッチング比がとれる多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電膜 4 4 をパターンニングして外側の両配線層 1 8 に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極 1 7 と、  
20    開口 4 5 内に有して振動電極 1 7 と基板 1 2 とに一体化された支柱 2 4 と形成する。振動電極 1 7 と配線層 1 8 間の部分が振動電極 1 7 を両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）1 9 [1  
25    9 A、1 9 B]となる。

次に、図 8 C に示すように、犠牲層 4 2 をエッチング除去する。



犠牲層 4 2 のエッチング除去は、本例では犠牲層 4 2 がシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェットエッチングで行う。かくして、ビームとなる振動電極 1 7 と基板 1 2 間に支柱 2 4 を一体に有した目的の MEMS 共振器 2 7 を得る。

- 5      本実施の形態の製造方法によれば、図 1 に示す MEMS 型共振器 2 7 を精度よく製造することが出来る。そして、振動電極 1 7 と基板 1 2 との間に、支柱 2 4 を形成することで、犠牲層 4 2 のウェットエッチング除去後に生じる振動電極 1 7 の基板 1 2 側の例えば、入力電極 1 4、出力電極 1 5 への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 との間の空隙 1 6 を更に小さくして信号量を大とした MEMS 型共振器 2 7 を精度良く製造することが出来る。
- 10

- 図 5 は、本発明に係る MEMS 型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態は前述の図 1 と同様に 2 次の振動モードの共振器に適用した場合である。
- 15

- 本実施の形態に係る MEMS 型共振器 3 1 は、前述と同様に、基板 1 2 の同一平面上に互いに所要の間隔を置いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極 1 4 と高周波信号を出力する出力電極 1 5 と、これら入出力電極 1 4、1 5 に対向して空隙 1 6 を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極 1 7 と、基板 1 2 と振動電極 1 7 との間に設けた支柱 2 4 とを有して成る。振動電極 1 7 は、入出力電極 1 4、1 5 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 1 4、1 5 の外側に配置した配線 1 8 に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）1 9〔1 9 A、1 9 B〕で一体に支持される。支柱 2 4 は、振動電極 1 7 の所望の次数の振動モードに応じて 1 つ又は複数、本例では 2 次の振動モードに応じてその振動の節に対応した位置である入力電極 1 4 と出力電極 1 5 との間に 1 つ設けられる。
- 20
- 25

そして、本実施の形態においては、特に、支柱 2 4 が、その一端を振動電極 1 7 に一体化すると共に、その他端を基板 1 2 に接触しないように基板 1 2 から僅かに離して構成される。この場合、支柱 2 4 の他端と基板 1 2 との間の隙間 d 1 は、振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 間の空隙 1 6 の間隔 d 2 より小さく設定する。

その他の構成は、前述の図 1 と同様であるので、図 1 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

本実施の形態に係る MEMS 型共振器 3 1 によれば、振動電極 1 7 と基板 1 2 間に 2 次の振動モードの節に対応した位置において、支柱 2 4 を形成したので、前述と同様に多次の振動モードのうち、2 次の振動モードを選択することができ、所望の高周波信号のみを透過することができる。また、支柱 2 4 を有するので、振動電極 1 7 の強度を維持し、製造過程のウェットプロセスにおける振動電極 1 7 の基板 1 2 側への吸着を阻止することができる。従って、振動電極 1 7 の膜厚をより薄く、あるいは振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 間の空隙 1 6 の間隔 d 2 をより狭くすることが可能になる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

図 9 ～図 1 0 は、上述の図 5 に示す MEMS 型共振器 3 1 の製造方法の例を示す。

まず、図 9 A ～図 9 D の工程は、前述の図 7 A ～図 7 D の工程と同じである。即ち、図 9 A に示すように、基板 1 2 上に電極となるべき導電膜 4 1 を形成する。本例ではシリコン基板 2 1 上に絶縁膜であるシリコン酸化膜 2 2 及びシリコン窒化膜 2 3 を積層した基板 1 2 上に多結晶シリコン膜による導電膜 4 1 を形成する。

次に、図 9 B に示すように、導電膜 4 1 をパターニングして入力電極 1 4、出力電極 1 5 及び外側の配線層 1 8 を形成する。

次に、図 9 C に示すように、入力電極 1 4、出力電極 1 5 及び配線層 1 8 を含む全面に犠牲層 4 2 を形成する。犠牲層 4 2 は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（S i N）膜）2 3 及び多結晶シリコンによる各電極 1 4、1 5 及び配線層 1 8 とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（S i O<sub>2</sub>）膜で形成する。

次に、図 9 D に示すように、例えば化学機械研磨（C M P）法などにより犠牲層 4 2 を平坦化する。

次に、図 1 0 A に示すように、犠牲層 4 2 を選択エッチングして両外側の配線層 1 8 上にコンタクト孔 4 3 を形成すると共に、入出力電極 1 4、1 5 間の位置、即ち、本例では 2 次の振動モードの節に対応する位置に基板 1 2 に達せず僅かに犠牲層 4 2 を残す深さの開口 4 7 を形成する。開口 4 7 内に残る犠牲層 4 2 の厚さ d 1 は、入出力電極 1 4、1 5 上の犠牲層の膜厚 d 2 より小に設定することが好ましい。

次に、図 1 0 B に示すように、コンタクト孔 4 3、開口 4 7 内を含む犠牲層 4 2 上に振動電極及び支柱となる導電膜 4 4、本例では、犠牲層 4 2 とエッチング比がとれる多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電膜 4 4 をパターニングして外側の両配線層 1 8 に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極 1 7 を形成する。振動電極 1 7 と配線層 1 8 間の部分が支柱 2 4 を一体に有した振動電極 1 7 を両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）1 9 [1 9 A、1 9 B] となる。

次に、図 1 0 C に示すように、犠牲層 4 2 をエッチング除去する。犠牲層 4 2 のエッチング除去は、本例では犠牲層 4 2 がシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェットエッチングで行う。かくして、ビームとなる振動電極 1 7 と一体化され、基板 1 2 との間に少許の間隔 d 1 を残して形成された支柱 2 4 を有し

て成る目的のMEMS共振器31を得る。

本実施の形態の製造方法によれば、図5に示すMEMS型共振器31を精度よく製造することができる。即ち、本例においても、振動電極17と基板12の間に支柱24を形成することで、犠牲層42のウェットエッチング除去後に生じる振動電極17の基板12側の例えば入力電極14、出力電極15への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極17と入出力電極14、15との間の空隙16を更に小さくして信号量を大きくしたMEMS型共振器31を精度良く製造することができる。

図6は、本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態は前述の図1と同様に2次の振動モードの共振器に適用した場合である。

本実施の形態に係るMEMS型共振器32は、前述と同様に、基板12の同一平面上に互いに所要の間隔を置いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極14と高周波信号を出力する出力電極15と、これら入出力電極14、15に対向して空隙16を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極17と、基板12と振動電極17間に設けた支柱24とを有して成る。振動電極17は、入出力電極14、15をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極14、15の外側に配置した配線18に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）19〔19A，19B〕で一体に支持される。支柱24は、振動電極17の所望の次数の振動モードに応じて1つ又は複数、本例では2次の振動モードに応じてその振動の節に対応した位置である入力電極14と出力電極15との間に1つ設けられる。

そして、本実施の形態においては、特に、支柱24が、その一端を基板12に一体化すると共に、その他端を振動電極17に接触しないように振動電極17から僅かに離して構成される。この

場合、支柱 2 4 の他端と振動電極 1 7 間の間隔  $d_3$  は、振動電極 1 7 と入出力電極 1 4、1 5 間の空隙 1 6 の間隔  $d_2$  より小さく設定することが好ましい。なお、間隔  $d_3$  は間隔  $d_2$  と等しく設定することも可能である。

- 5      その他の構成は、前述の図 1 と同様であるので、図 1 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

- 本実施の形態に係る MEMS 型共振器 3 2 によれば、振動電極 1 7 と基板 1 2 間に 2 次の振動モードの節に対応した位置において、支柱 2 4 を形成したので、前述と同様に多次の振動モードの  
10      うち、2 次の振動モードを選択することができ、所望の高周波信号のみを透過することができる。また、支柱 2 4 を有するので、振動電極 1 7 の強度を維持し、製造過程のウェットプロセスにおける振動電極 1 7 の基板 1 2 側への吸着を阻止することができる。従って、振動電極 1 7 の膜厚をより薄く、あるいは振動電極 1 7  
15      と入出力電極 1 4、1 5 との間の空隙 1 6 の間隔  $d_2$  をより狭くすることが可能になる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

図 1 1 ～図 1 2 は、上述の図 6 に示す MEMS 型共振器 3 2 の製造方法の例を示す。

- 20      図 1 1 A に示すように、前述の図 7 A と同様に基板 1 2 上に電極となるべき導電膜 4 1 を形成する。本例ではシリコン基板 2 1 上に絶縁膜であるシリコン酸化膜 2 2 及びシリコン窒化膜 2 3 を積層した基板 1 2 上に導電膜 4 1 である多結晶シリコン膜で形成する。

- 25      次に、図 1 1 B に示すように、導電膜 4 1 をパターニングして入力電極 1 4、出力電極 1 5、外側の配線層 1 8 及び支柱 2 4 を形成する。

次に、図 1 1 C に示すように、入力電極 1 4、出力電極 1 5、

配線層 1 8 及び支柱 2 4 を含む全面に犠牲層 4 2 を形成する。犠牲層 4 2 は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（S i N）膜）2 3 及び多結晶シリコンによる入出力電極 1 4、1 5、配線層 1 8 及び支柱 2 4 とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（S i O<sub>2</sub>）膜で形成する。

次に、図 1 1 D に示すように、例えば化学機械研磨（C M P）法などにより犠牲層 4 2 を平坦化する。

次に、図 1 2 A に示すように、両外側の配線層 1 8 上の犠牲層 4 2 に選択エッチングによりコンタクト孔 4 3 を形成する。

次に、図 1 2 B に示すように、コンタクト孔 4 3 内を含む犠牲層 4 2 上に振動電極となる導電膜 4 4、本例では、犠牲層 4 2 とエッチング比がとれる多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電膜 4 4 をパターンニングして外側の両配線層 1 8 に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極 1 7 を形成する。振動電極 1 7 と配線層 1 8 間の部分が振動電極 1 7 を両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）1 9 [1 9 A, 1 9 B]となる。

次に、図 1 2 C に示すように、犠牲層 4 2 をエッチング除去する。犠牲層 4 2 のエッチング除去は、本例では犠牲層 4 2 がシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェットエッチングで行う。かくして、基板 1 2 と一体化され、ビームとなる振動電極 1 7 との間に少許の間隔 d 3 を残して形成された支柱 2 4 を有してなる、目的の M E M S 型共振器 3 2 を得る。

本実施の形態の製造方法によれば、図 6 に示す M E M S 型共振器 3 2 を精度よく製造することができる。即ち、本例においても、振動電極 1 7 と基板 1 2 の間に支柱 2 4 を形成することで、犠牲層 4 2 のウェットエッチング除去後に生じる振動電極 1 7 の、基板 1 2 側の例えば入力電極 1 4、出力電極 1 5 への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極 1 7 と入出

力電極 1 4、1 5 との間の空隙 1 6 を更に小さくして信号量を大きくした M E M S 型共振器 3 2 を精度良く製造することができる。

5 上述においては、基板 1 2 上に振動電極 1 7 に対向して入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 を配置した M E M S 型共振器に適用したが、本発明の支柱は図 1 5 に示す M E M S 型共振器の基板 2 と振動電極 7 間に設けることも可能である。

上述した各実施の形態の M E M S 型共振器によるフィルタは、高周波（R F）フィルタ、中間周波（I F）フィルタ等として用いることができる。

10 本発明は、上述した実施の形態の M E M S 型共振器によるフィルタを用いて構成される携帯電話機、無線 L A N 機器、無線トランシーバ、テレビチューナ、ラジオチューナ等の、電磁波を利用して通信する通信装置を提供することができる。

15 次に、上述した本発明の実施の形態のフィルタを適用した通信装置の構成例を、図 1 3 を参照して説明する。

まず送信系の構成について説明すると、I チャンネルの送信データと Q チャンネルの送信データを、それぞれデジタル／アナログ変換器（D A C）2 0 1 I 及び 2 0 1 Q に供給してアナログ信号に変換する。変換された各チャンネルの信号は、バンド・パス・  
20 フィルタ 2 0 2 I 及び 2 0 2 Q に供給して、送信信号の帯域以外の信号成分を除去し、バンド・パス・フィルタ 2 0 2 I 及び 2 0 2 Q の出力を、変調器 2 1 0 に供給する。

変調器 2 1 0 では、各チャンネルごとにバッファアンプ 2 1 1 I 及び 2 1 1 Q を介してミキサ 2 1 2 I 及び 2 1 2 Q に供給し  
25 て、送信用の P L L（phase-locked loop）回路 2 0 3 から供給される送信周波数に対応した周波数信号を混合して変調し、両混合信号を加算器 2 1 4 で加算して 1 系統の送信信号とする。この場合、ミキサ 2 1 2 I に供給する周波数信号は、移相器 2 1 3 で信

号位相を  $90^\circ$  シフトさせてあり、I チャンネルの信号と Q チャンネルの信号とが直交変調されるようにしてある。

加算器 214 の出力は、バッファアンプ 215 を介して電力増幅器 204 に供給し、所定の送信電力となるように増幅する。電力増幅器 204 で増幅された信号は、送受信切換器 205 と高周波フィルタ 206 を介してアンテナ 207 に供給し、アンテナ 207 から無線送信させる。高周波フィルタ 206 は、この通信装置で送信及び受信する周波数帯域以外の信号成分を除去するバンド・パス・フィルタである。

10 受信系の構成としては、アンテナ 207 で受信した信号を、高周波フィルタ 206 及び送受信切換器 205 を介して高周波部 220 に供給する。高周波部 220 では、受信信号を低ノイズアンプ (LNA) 221 で増幅した後、バンド・パス・フィルタ 222 に供給して、受信周波数帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号をバッファアンプ 223 を介してミキサ 224 に供給する。そして、チャンネル選択用 PLL 回路 251 から供給される周波数信号を混合して、所定の送信チャンネルの信号を中間周波信号とし、その中間周波信号をバッファアンプ 225 を介して中間周波回路 230 に供給する。

20 中間周波回路 230 では、供給される中間周波信号をバッファアンプ 231 を介してバンド・パス・フィルタ 232 に供給して、中間周波信号の帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号を自動ゲイン調整回路 (AGC 回路) 233 に供給して、ほぼ一定のゲインの信号とする。自動ゲイン調整回路 233 でゲイン調整された中間周波信号は、バッファアンプ 234 を介して復調器 240 に供給する。

復調器 240 では、供給される中間周波信号をバッファアンプ 241 を介してミキサ 242 I 及び 242 Q に供給して、中間周



波用PLL回路252から供給される周波数信号を混合して、受信したIチャンネルの信号成分とQチャンネルの信号成分を復調する。この場合、I信号用のミキサ242Iには、移相器243で信号位相を90°シフトさせた周波数信号を供給するようにしてあり、直交変調されたIチャンネルの信号成分とQチャンネルの信号成分を復調する。

復調されたIチャンネルとQチャンネルの信号は、それぞれバッファアンプ244I及び244Qを介してバンド・パス・フィルタ253I及び253Qに供給して、Iチャンネル及びQチャンネルの信号以外の信号成分を除去し、除去された信号をアナログ／デジタル変換器(ADC)254I及び254Qに供給してサンプリングしてデジタルデータ化し、Iチャンネルの受信データ及びQチャンネルの受信データを得る。

ここまで説明した構成において、各バンド・パス・フィルタ202I、202Q、206、222、232、253I、253Qの一部又は全てとして、上述した実施の形態の構成のフィルタを適用して帯域制限することが可能である。

本発明の通信装置によれば、前述した性能の良いフィルタを備えるので、信頼性の高い通信装置を提供することができる。

図13の例では、各フィルタをバンド・パス・フィルタとして構成したが、所定の周波数よりも下の周波数帯域だけを通過させるロー・パス・フィルタや、所定の周波数よりも上の周波数帯域だけを通過させるハイ・パス・フィルタとして構成して、それらのフィルタに上述した各実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。また図13の例では、無線送信及び無線受信を行う通信装置としたが、有線の伝送路を介して送信及び受信を行う通信装置が備えるフィルタに適用してもよく、さらに送信処理だけを行う通信装置や受信処理だけを行う通信装置が備えるフィルタに、

上述した実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。

5

10

15

20

25

## 請 求 の 範 囲

1. 下部電極が形成された基板と該基板上に形成されたビームとを備え、前記基板と前記ビームの間に少なくとも1つの支柱を有して成ることを特徴とするMEMS型共振器。

5 2. 前記支柱は、前記ビームの所望の振動モードの節に対応した位置に形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のMEMS型共振器。

3. 前記支柱の上下両端が、前記基板及び前記ビームと一体化されて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のMEMS型共振器。  
10

4. 前記支柱は、一端が前記基板又は前記ビームと一体化され、他端が前記ビーム又は基板と接触しないように形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のMEMS型共振器。

5. 前記基板の下部電極が、高周波信号の入力電極と、高周波信号の出力電極とから成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載のMEMS型共振器。  
15

6. 基板上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層の支柱を形成すべき部分に前記基板に達する開孔を選択的に形成する工程と、前記犠牲層上にビームを形成すると共に、前記開孔内に前記ビームと前記基板に一体化した支柱を形成する工程と、前記犠牲層を除去する工程とを有することを特徴とするMEMS型共振器の製造方法。  
20

7. 基板上に下部電極と支柱を形成する工程と、前記下部電極と前記支柱を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層上にビームを形成する工程と、前記犠牲層を除去する工程とを有することを特徴とするMEMS型共振器の製造方法。  
25

8. 基板上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、前記犠牲層の支柱を形成すべき部分に前記基板に達しない深さの開孔を選択的に形成する工程と、前記犠牲層上にビームを形成すると共に、前記開孔内にビームと一体化した支柱を形成する工程と、前記犠牲層を除去する工程とを有することを特徴とするMEMS型共振器の製造方法。
- 5 9. 送信信号及び／又は受信信号の帯域制限を行うフィルタを備えた通信装置において、前記フィルタとして、下部電極が形成された基板と該基板上に形成されたビームとを備え、前記基板と前記ビームの間に少なくとも1つの支柱を有してしてなるMEMS共振器によるフィルタが用いられて成ることを特徴とする通信装置。
- 10 10. 前記フィルタにおける前記支柱は、前記ビームの所望の振動モードの節に対応した位置の形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第9項記載の通信装置。
- 15 11. 前記フィルタにおける前記支柱の上下両端が、前記基板及び前記ビームと一体化されて成ることを特徴とする請求の範囲第9項記載の通信装置。
- 20 12. 前記フィルタにおける前記支柱は、一端が前記基板又は前記ビームと一体化され、他端が前記ビーム又は前記基板と接触しないように形成されて成ることを特徴とする請求の範囲第9項記載の通信装置。
- 25 13. 前記フィルタにおける前記基板の下部電極が、所要周波数信号の入力電極と、所要周波数信号の出力電極とから成ることを特徴とする請求の範囲第9項記載の通信装置。

## 要 約 書

本発明は、MEMS製造工程時のウェットプロセスによるビームの基板への吸着を抑え、また、動作時に所要の振動モード以外の不要な振動モードが混在しないMEMS型共振器とその製造方法を提供する。また、本発明は、このようなMEMS型共振器によるフィルタを備えた通信装置を提供する。

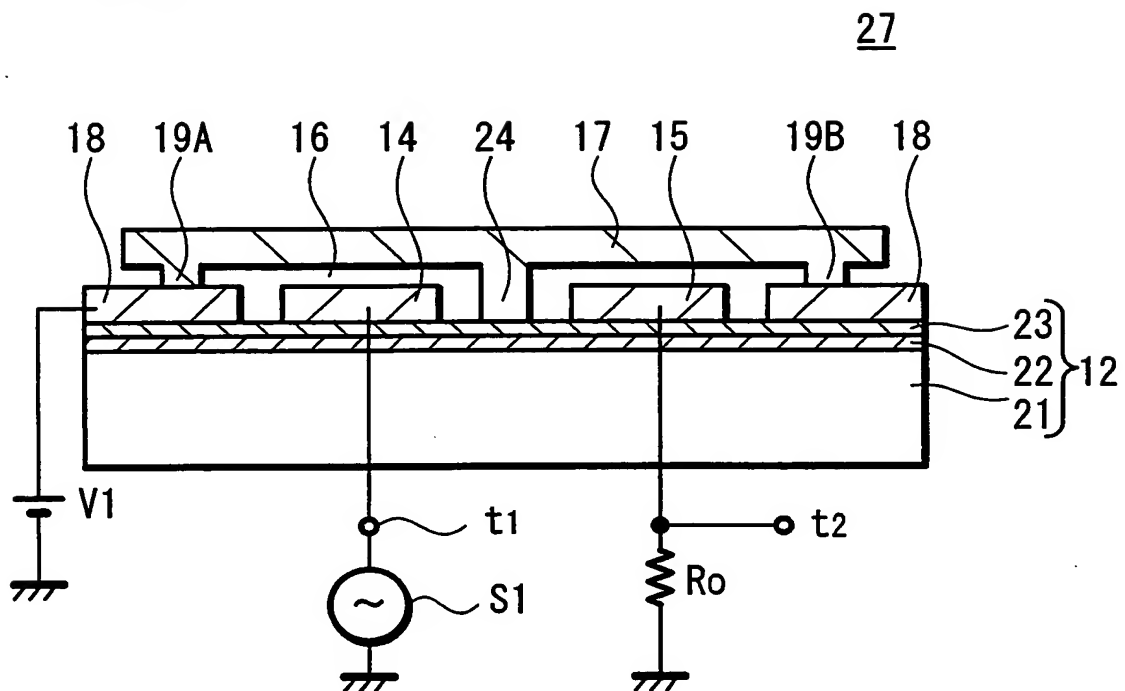
本発明のMEMS型共振器は、下部電極が形成された基板と基板上に形成されたビームとを備え、基板とビームの間に少なくとも1つの支柱を有して成る。本発明の通信装置は、フィルタとして上記MEMS型共振器フィルタを用いて成る。

15

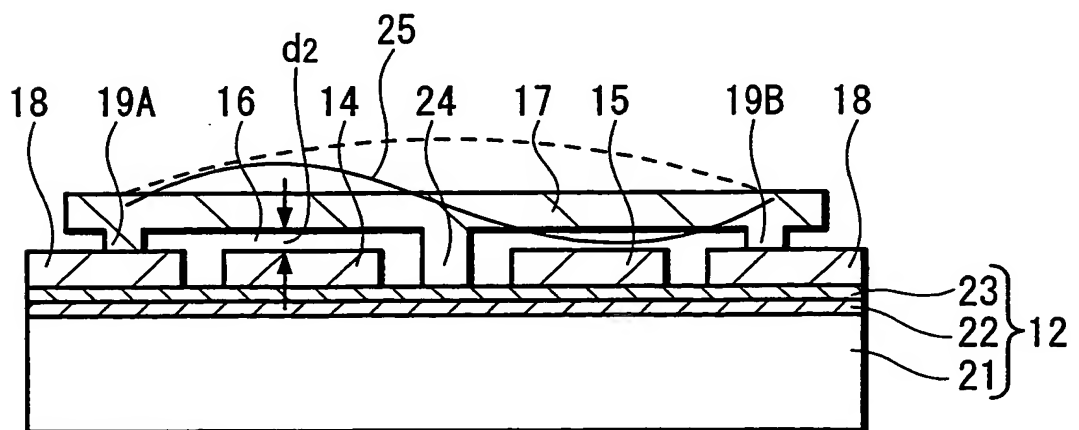
20

25

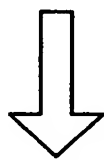
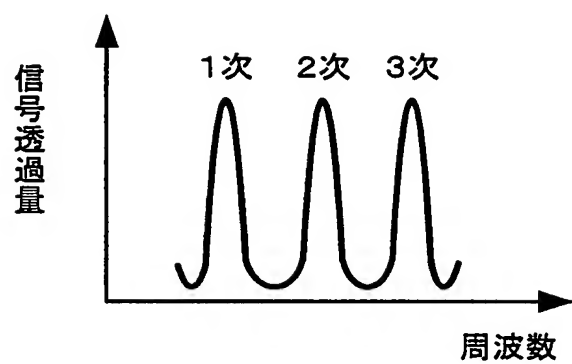
**FIG. 1**



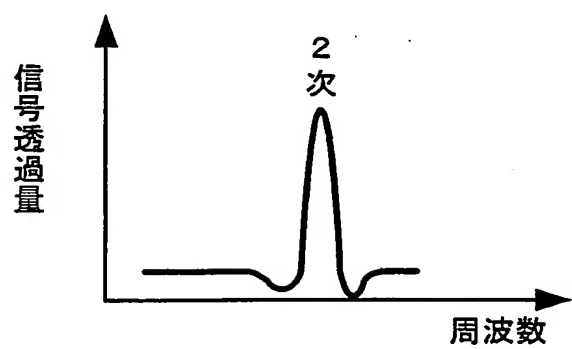
**FIG. 2.**



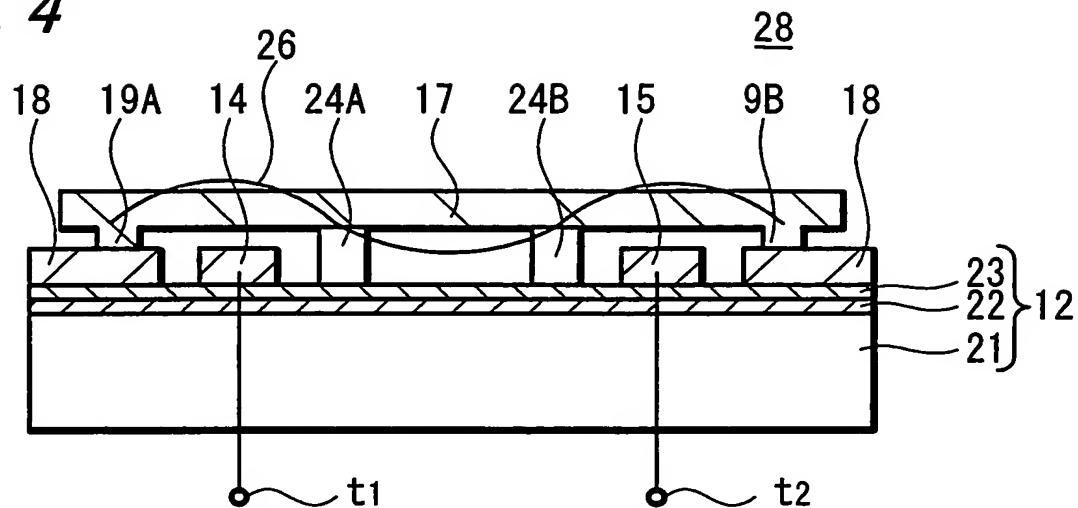
*FIG. 3A*



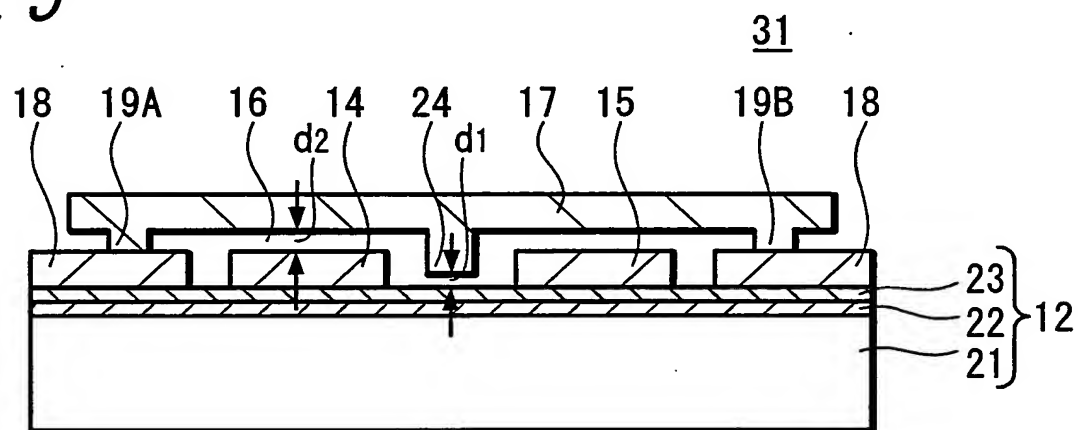
*FIG. 3B*



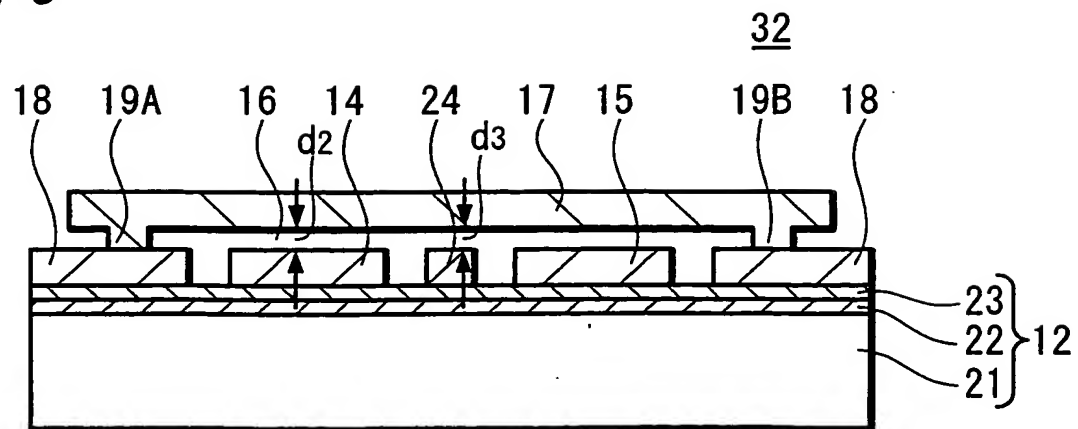
**FIG. 4**



**FIG. 5**

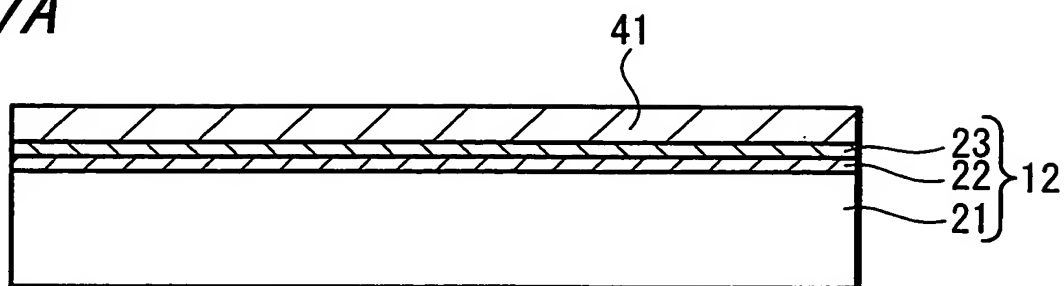


**FIG. 6**

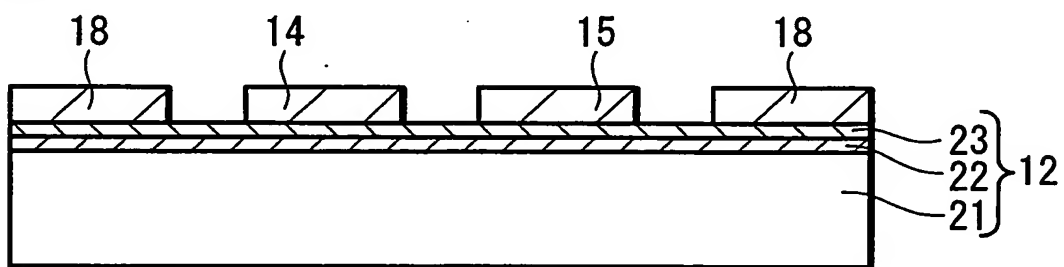




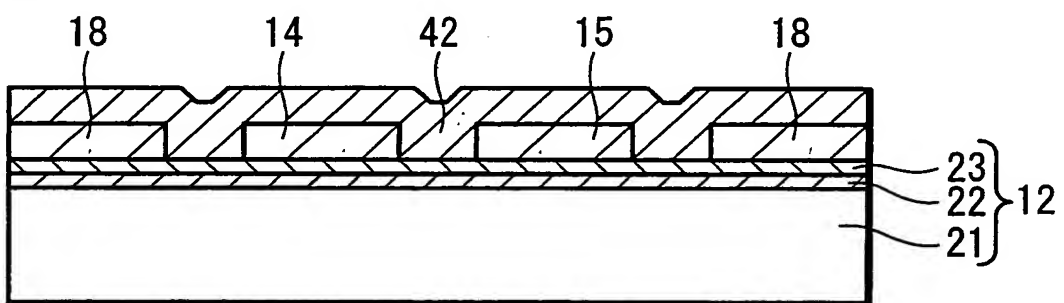
**FIG. 7A**



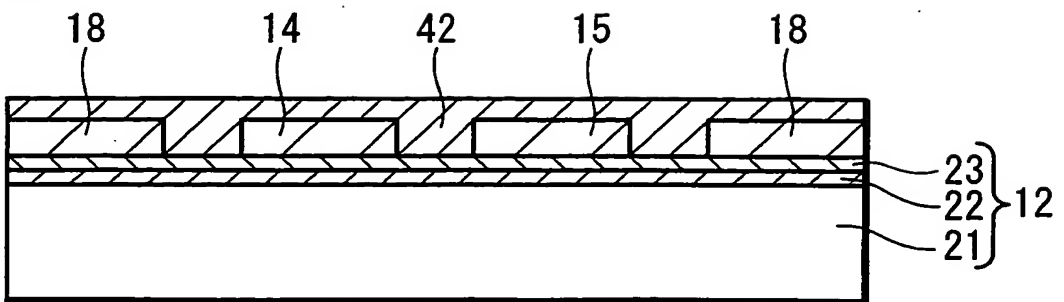
**FIG. 7B**



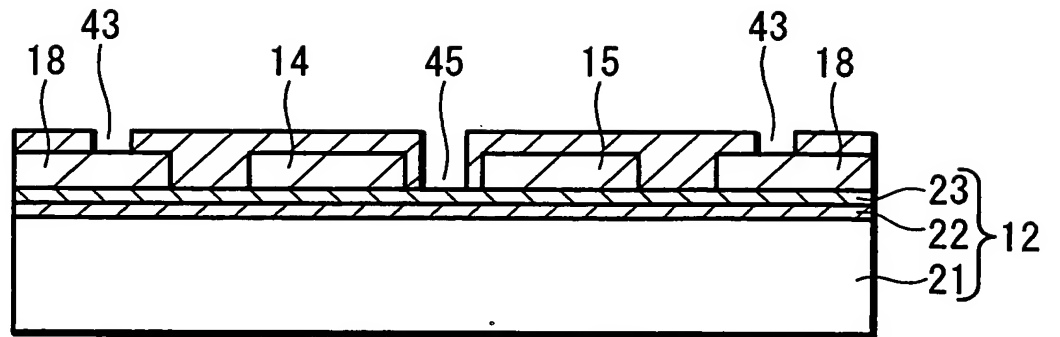
**FIG. 7C**



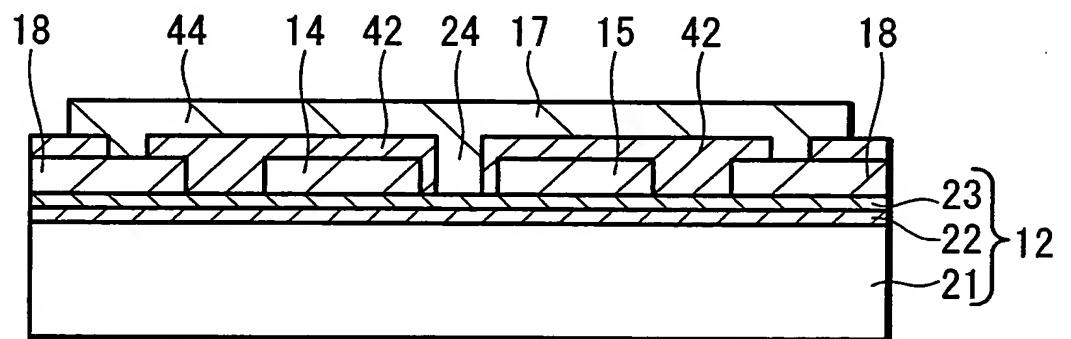
**FIG. 7D**



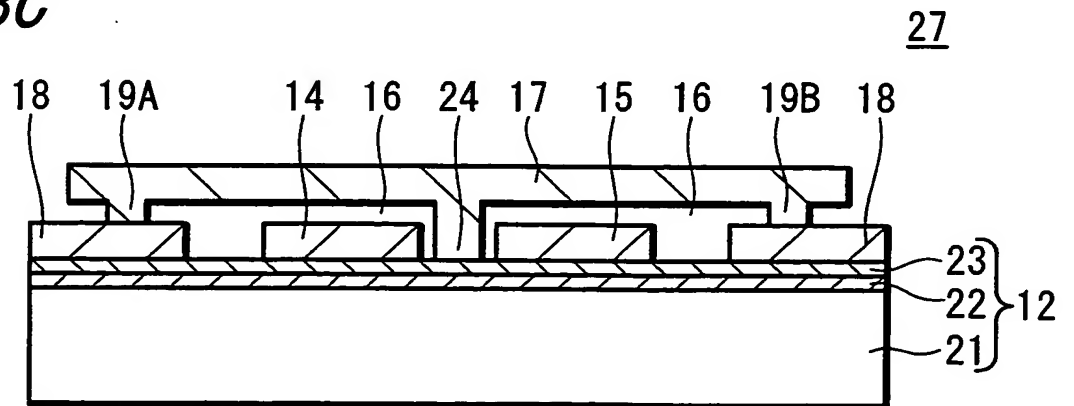
**FIG. 8A**



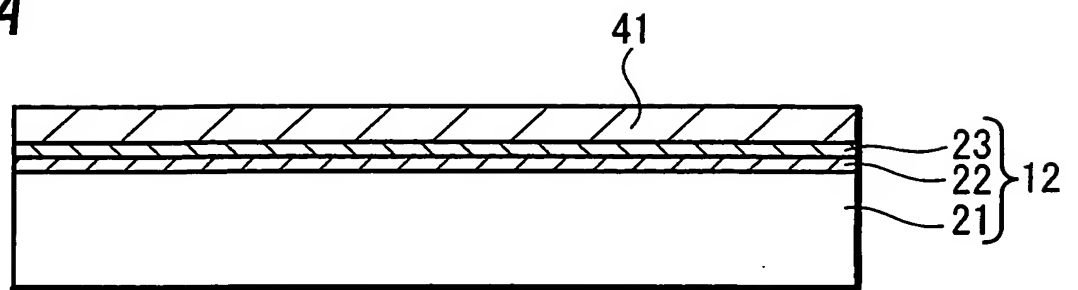
**FIG. 8B**



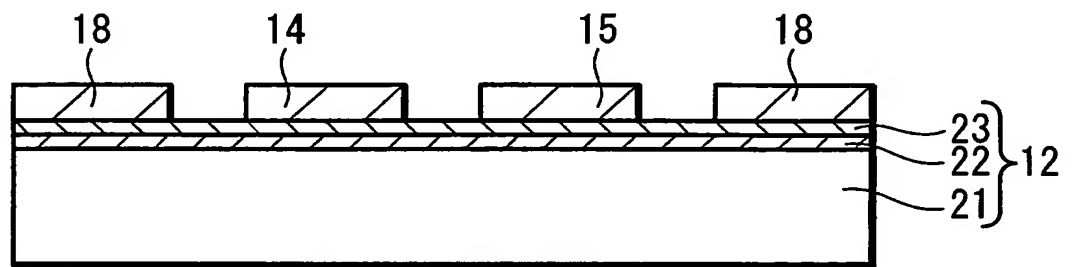
**FIG. 8C**



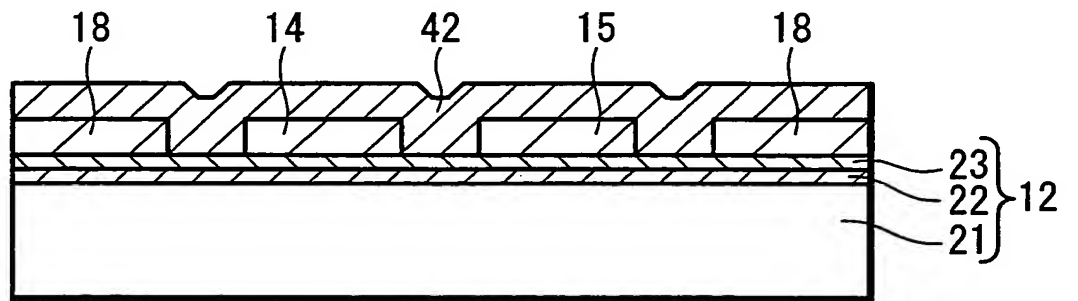
*FIG. 9A*



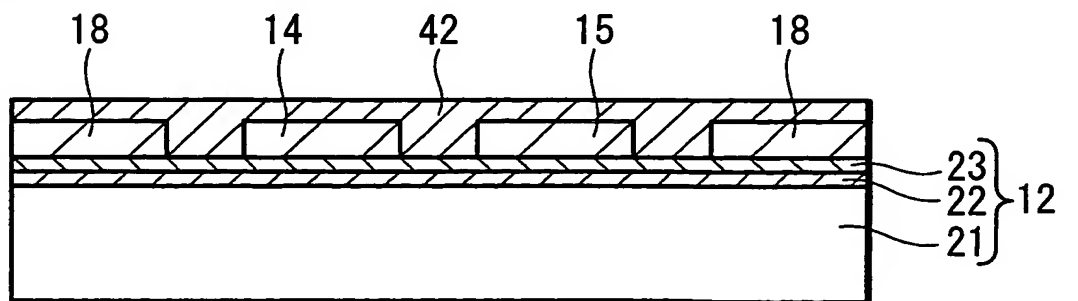
*FIG. 9B*



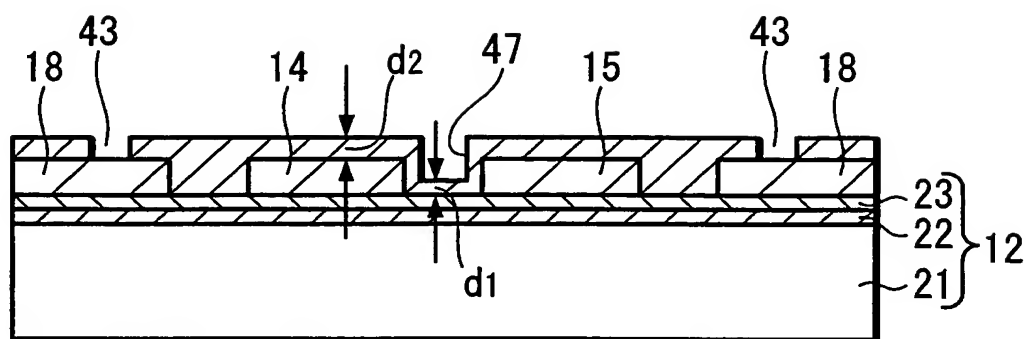
*FIG. 9C*



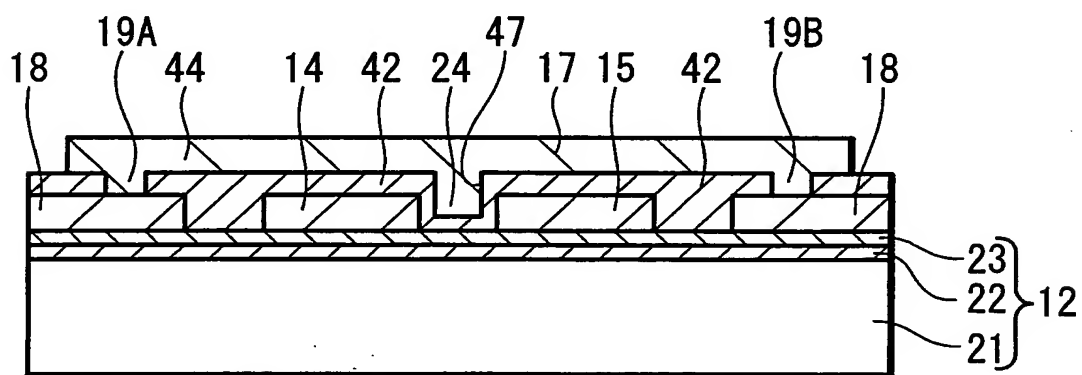
*FIG. 9D*



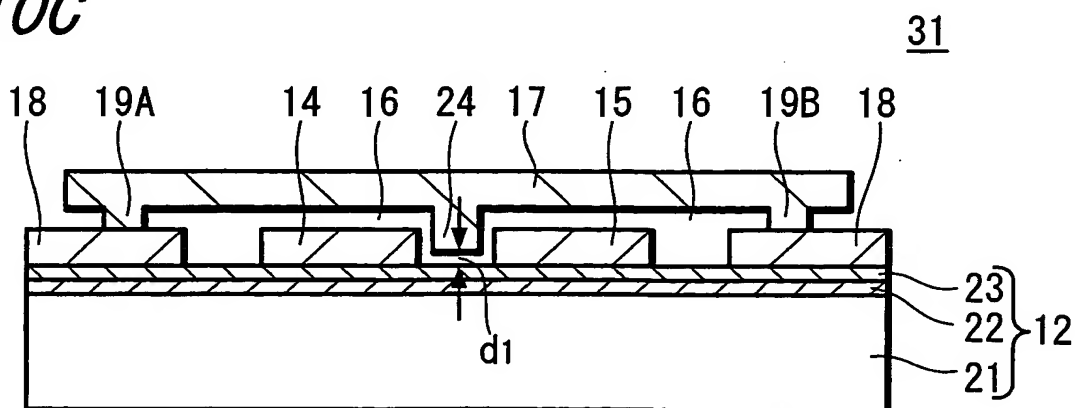
**FIG. 10A**



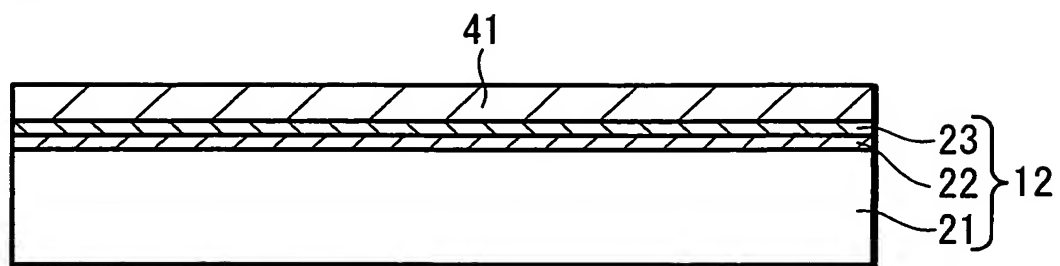
**FIG. 10B**



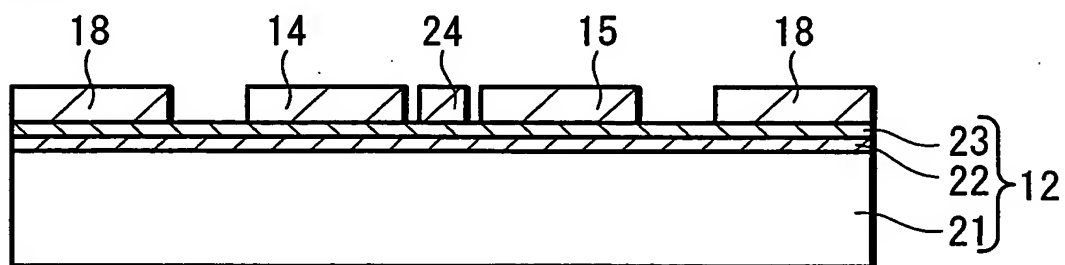
**FIG. 10C**



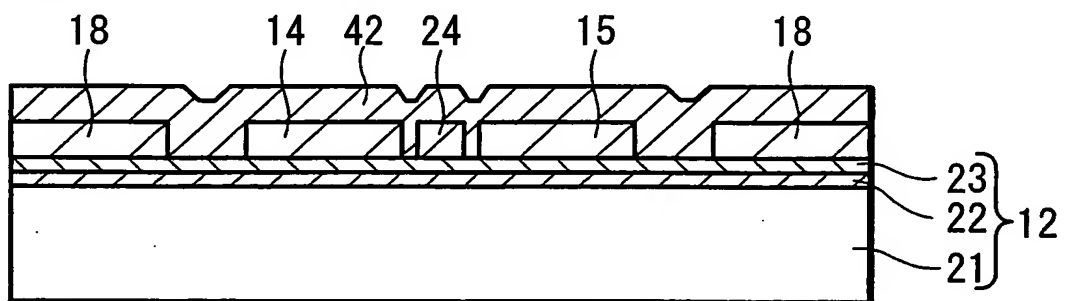
**FIG. 11A**



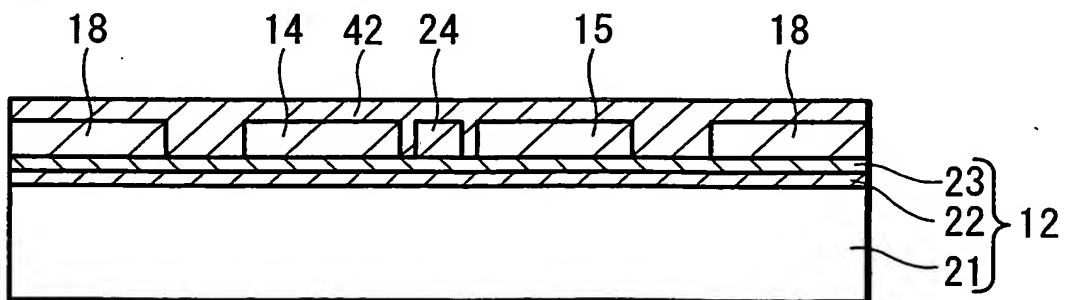
**FIG. 11B**



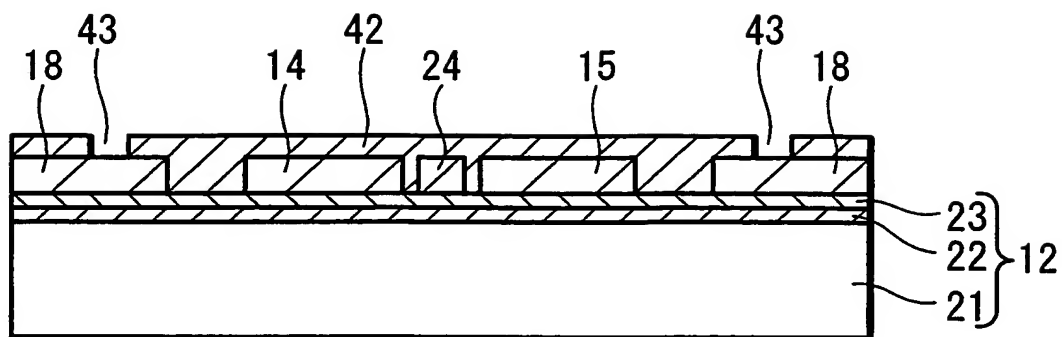
**FIG. 11C**



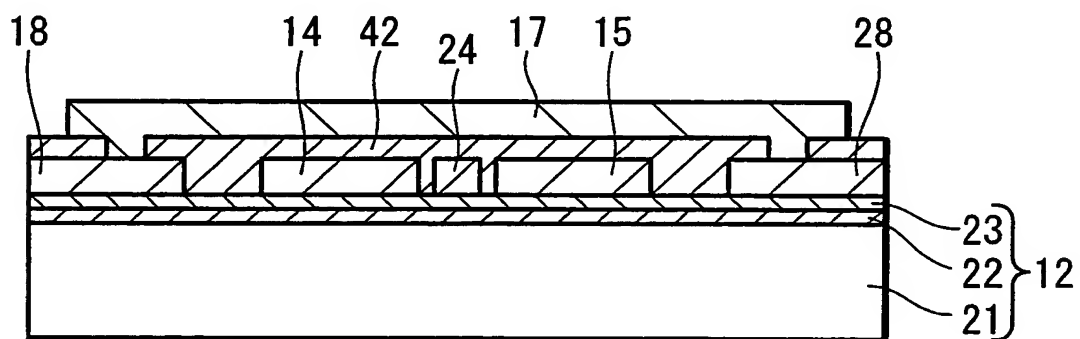
**FIG. 11D**



**FIG. 12A**



**FIG. 12B**



**FIG. 12C**

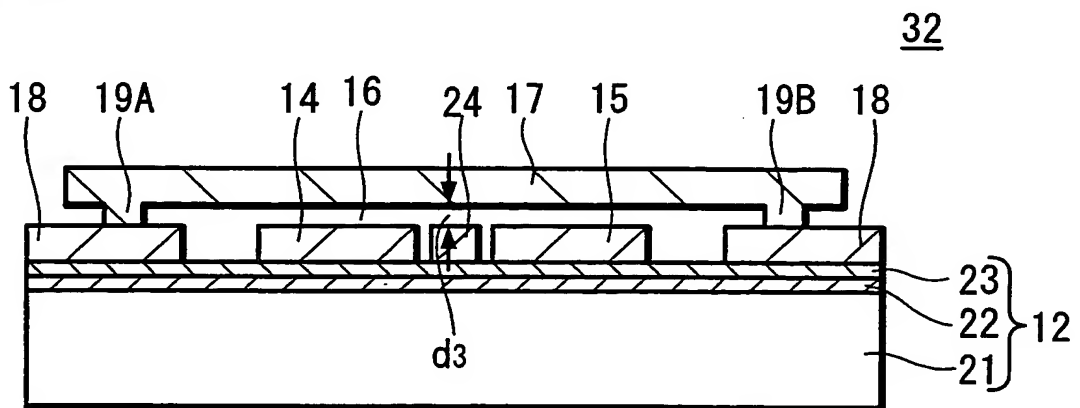
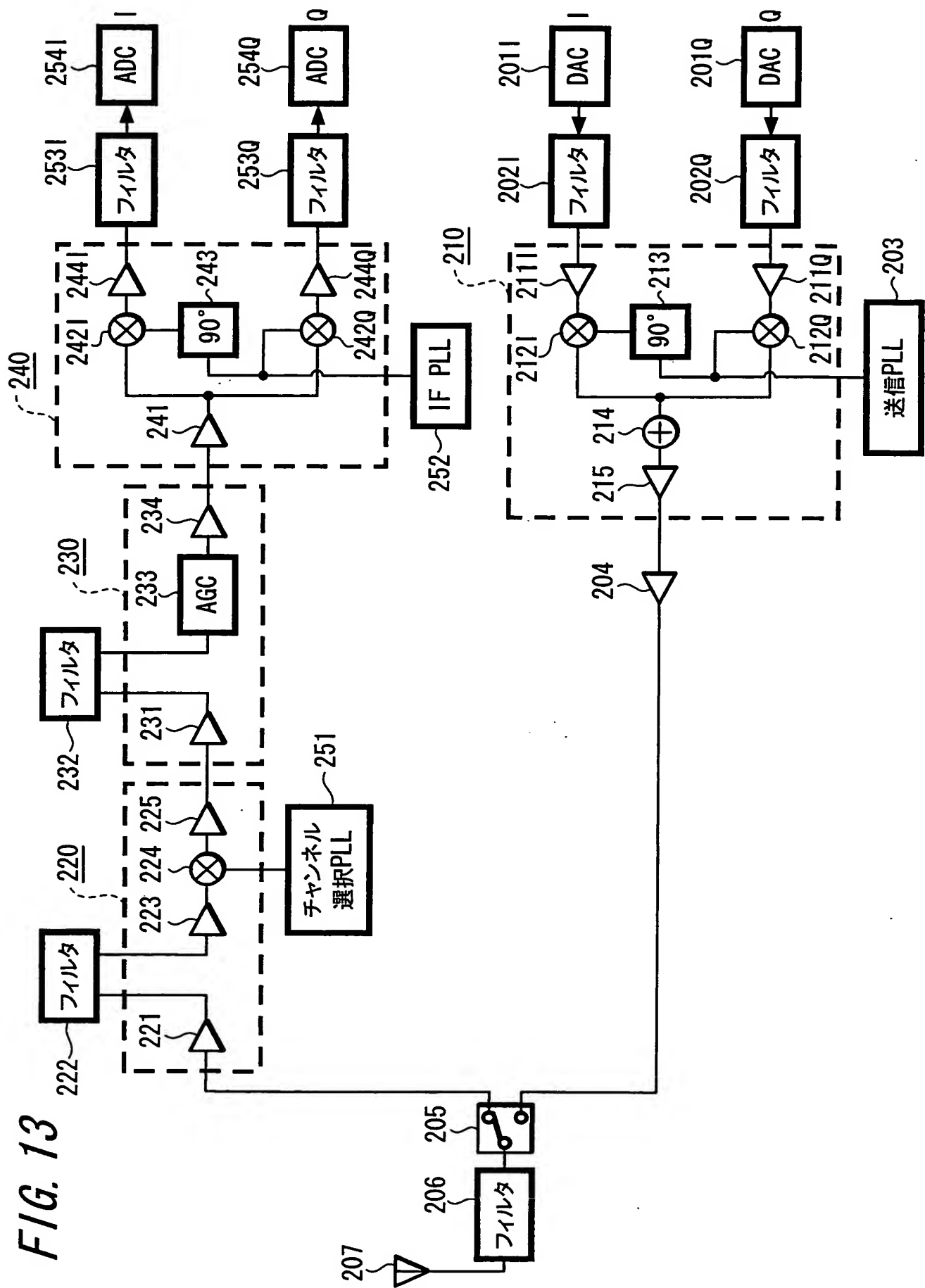
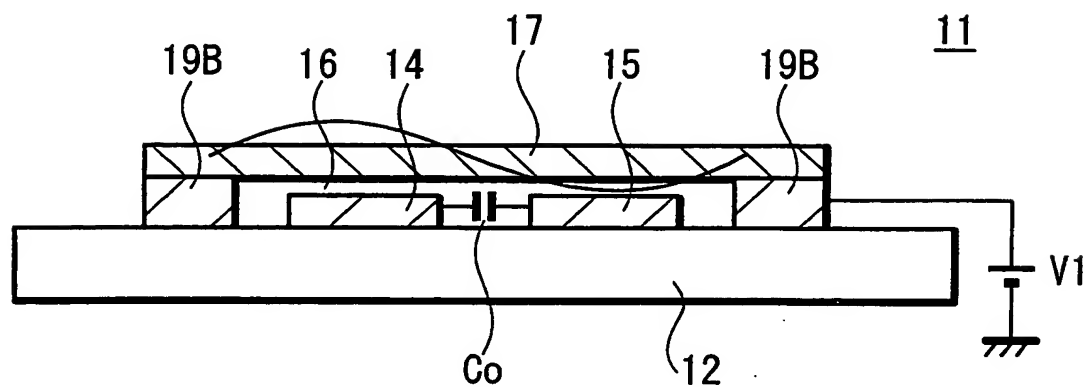


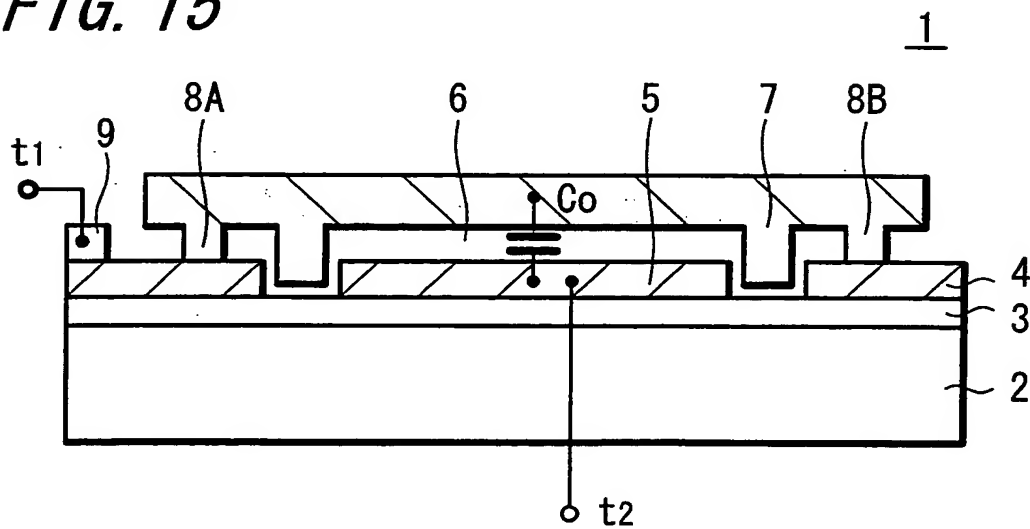
FIG. 13



**FIG. 14**



**FIG. 15**





## 引用符号の説明

- 1 ・ ・ 振動素子
- 2 ・ ・ 半導体基板
- 3 ・ ・ 絶縁膜
- 4 ・ ・ 入力側配線層
- 1 1、2 7，2 8，3 1，3 2 ・ ・ MEMS 型共振器
- 1 2 ・ ・ 基板
- 1 4、1 4 A、1 4 B ・ ・ 入力電極
- 5，1 5 ・ ・ 出力電極
- 6，1 6 ・ ・ 空隙
- 7，1 7 ・ ・ 振動電極
- 1 8 ・ ・ 配線層
- 8 [8 A，8 B]，1 9 [1 9 A，1 9 B] ・ ・ 支持部
- 2 1 ・ ・ シリコン基板
- 2 2 ・ ・ シリコン酸化膜
- 2 3 ・ ・ シリコン窒化膜
- 2 4 [2 4 A，2 4 B] ・ ・ 支柱
- 2 5 ・ ・ 2 次の振動モード
- 2 6 ・ ・ 3 次の振動モード
- 4 1 ・ ・ 導電膜
- 4 2 ・ ・ 犠牲層
- 4 3 ・ ・ コンタクト孔
- 4 4 ・ ・ 導電膜
- 4 5，4 7 ・ ・ 開口
- 3 1 ・ ・ シリコン酸化膜
- 3 2 ・ ・ シリコン窒化膜
- 3 3 ・ ・ 絶縁膜
- 3 4 ・ ・ シリコン基板

S 3 . . 高周波信号  
t 1 . . 入力端子  
t 2 . . 出力端子  
V 3 . . D C バイアス電圧  
3 6 . . 多結晶シリコン膜  
3 7 . . シリコン酸化膜  
3 8 . . 開口  
3 9 . . 犠牲層  
4 1 [ 4 1 A 、 4 1 B ] . . 開口  
4 2 . . 導電材料層  
2 0 1 I 、 2 0 1 Q . . デジタル／アナログ変換器  
2 0 2 I 、 2 0 2 Q 、 2 1 1 I 、 2 1 1 Q . . バンド・パス・フ  
ィルタ  
2 1 0 . . 変調器  
2 1 2 I 、 2 1 2 Q . . ミキサ  
2 0 3 . . P L L 回路  
2 1 3 . . 移相器  
2 1 4 . . 加算器  
2 1 5 . . バッファアンプ  
2 0 4 . . 電力増幅器  
2 0 5 . . 送受信切換器  
2 0 6 . . 高周波フィルタ  
2 0 7 . . アンテナ  
2 2 0 . . 高周波部  
2 2 1 . . 低ノイズアンプ  
2 4 4 I 、 2 4 4 Q . . バッファアンプ  
2 2 2 、 2 3 2 . . . バンド・パス・フィルタ  
2 2 3 、 2 2 5 、 2 3 1 、 2 3 4 . . バッファアンプ

2 2 4 . . ミキサ  
2 5 1 . . チャンネル選択用 P L L 回路  
2 3 3 . . A G C 回路  
2 4 0 . . 復調器  
2 5 2 . . 中間周波用 P L L 回路  
2 4 2 I . . ミキサ  
2 4 3 . . 移相器  
2 5 3 I、2 5 3 Q . . バンド・パス・フィルタ  
2 5 4 I、2 5 4 Q . . アナログ／デジタル変換器